1. Что такое брожение? Может ли брожение протекать в клетках аэробных организмов?

Брожение – процесс бескислородного расщепления органических веществ, преимущественно углеводов, происходящий под действием ферментов. Брожение характерно для анаэробных организмов, но может протекать и в клетках аэробных организмов при дефиците кислорода.

2. Какие типы брожения вам известны? Назовите конечные продукты каждого типа брожения.

Основные типы брожения: молочнокислое, спиртовое и уксуснокислое.

- Конечные продукты молочнокислого брожения – молочная кислота ($C_3H_6O_3$) и АТФ.

- Конечные продукты спиртового брожения – этанол (C_2H_5OH), углекислый газ (CO_2) и АТФ.

- Конечные продукты уксуснокислого брожения – уксусная кислота (CH_3COOH), углекислый газ (CO_2) и АТФ.

3. Охарактеризуйте практическое значение различных типов брожения. Чем обусловлено использование дрожжей в виноделии? В хлебопечении?

Молочнокислое брожение используется для получения различных кисломолочных продуктов, при солении и квашении овощей, силосовании кормов и т. д.

Спиртовое брожение лежит в основе промышленного получения спиртов (прежде всего – этилового), а также вина и пива. Этот тип брожения вызывают дрожжи (поэтому их используют для изготовления вина и пива), а также некоторые анаэробные бактерии. Использование дрожжей в хлебопечении связано с тем, что пузырьки углекислого газа, образующегося в процессе спиртового брожения, разрыхляют тесто, делая его пышным.

Продуктом совместной деятельности молочнокислых бактерий и дрожжей является кефир. Известно множество национальных кисломолочных продуктов (кумыс, айран, йогурт и др.), для изготовления которых используют коровье, кобылье, верблюжье, овечье, козье молоко, а в качестве заквасок – естественно возникшие и сохраняемые комплексы молочнокислых бактерий и дрожжей.

Уксуснокислое брожение лежит в основе получения пищевого уксуса.

4. Известно, что при изготовлении вина в домашних условиях иногда вместо вина образуется продукт с высоким содержанием уксусной кислоты. Чем это можно объяснить?

Это может объясняться поступлением кислорода в среду, где происходит брожение. При наличии кислорода наряду со спиртовым брожением протекает также уксуснокислое, и чем выше содержание кислорода, тем сильнее смещается равновесие в сторону образования уксусной кислоты.

5. Почему при брожении высвобождается меньше энергии, чем при клеточном дыхании?

Потому что при клеточном дыхании (аэробном) происходит полное окисление питательных веществ и их расщепление до углекислого газа и воды. Брожение не сопровождается полным окислением глюкозы и ее расщеплением до неорганических веществ, поэтому значительная часть энергии остаётся заключённой в химических связях конечных продуктов брожения (молочной кислоты, этилового спирта и др.)

6. В чём заключается сходство брожения и клеточного дыхания? Чем брожение отличается от клеточного дыхания?

Сходство:

● Относятся к процессам энергетического обмена: расщепляются сложные органические вещества, высвобождается заключённая в них энергия и происходит синтез АТФ.

● Представляют собой многостадийные ферментативные процессы.

● Это окислительно-восстановительные процессы (сопровождаются окислением ПВК, восстановлением и окислением НАД и т.д.)

● До момента образования ПВК процессы брожения и клеточного дыхания протекают одинаково.

Различия:

● Разный энергетический выход. Из расчёта на 1 моль глюкозы: 2 моль АТФ в результате брожения и 38 моль АТФ в результате полного расщепления глюкозы при клеточном дыхании.

● Конечные продукты брожения – различные органические вещества (за исключением CO2), в которых заключён значительный запас энергии. Продукты аэробного расщепления глюкозы – H2O и CO2.

● Для клеточного дыхания (аэробного) необходим O2, а для брожения – нет.

● У эукариот заключительный (кислородный) этап клеточного дыхания протекает в митохондриях. Брожение осуществляется в цитоплазме клеток.

...и (или) другие существенные признаки.

7. Определите массу глюкозы, расщеплённой молочнокислыми бактериями, если ими было образовано 135 г молочной кислоты. Какое максимальное количество АТФ (моль) могло синтезироваться в клетках молочнокислых бактерий?

● Найдём химическое количество синтезированной молочной кислоты:

M ($C_3H_6O_3$) = 12 × 3 + 1 × 6 + 16 × 3 = 90 г/моль. n ($C_3H_6O_3$) = m : M = 135 г : 90 г/моль = 1,5 моль.

● Суммарное уравнение молочнокислого брожения:

$C_6H_{12}O_6 + 2АДФ + 2H_3PO_4 \rightarrow 2C_3H_6O_3 + 2АТФ$

Для образования 2 моль молочной кислоты необходимо расщепить 1 моль глюкозы. Значит, для образования 1,5 моль молочной кислоты нужно расщепить 1,5 : 2 = 0,75 моль глюкозы.

● Рассчитаем массу глюкозы:

M ($C_6H_{12}O_6$) = 12 × 6 + 1 × 12 + 16 × 6 = 180 г/моль. m ($C_6H_{12}O_6$) = n × M = 0,75 моль × 180 г/моль = 135 г.

Примечание: массу глюкозы можно установить и без расчётов, достаточно обратить внимание на состав молекул глюкозы и молочной кислоты ($C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$). Поэтому масса глюкозы равна массе образовавшейся молочной кислоты.

● Определим количество синтезированной АТФ. При расщеплении 1 моль глюкозы синтезируется 2 моль АТФ. Следовательно, в результате расщепления 0,75 моль глюкозы могло синтезироваться 0,75 × 2 = 1,5 моль АТФ.

Примечание: химическое количество АТФ можно установить и без составления пропорции, поскольку из уравнения видно, что n (АТФ) = n ($C_3H_6O_3$).

Ответ: молочнокислые бактерии расщепили 135 г глюкозы и при этом могли синтезировать 1,5 моль АТФ.

8. Дрожжи утилизировали 90 г глюкозы, при этом часть глюкозы подверглась полному окислению, а другая часть была расщеплена в ходе спиртового брожения. В результате было образовано 61,6 г углекислого газа. Какое максимальное количество АТФ (моль) могло образоваться при этом в клетках дрожжей? Какая часть глюкозы (%) была расщеплена в ходе брожения?

● Найдём химическое количество использованной глюкозы:

M (C6H12O6) = 12 × 6 + 1 × 12 + 16 × 6 = 180 г/моль. n (C6H12O6) = m : M = 90 г : 180 г/моль = 0,5 моль.

● Найдём химическое количество образовавшегося углекислого газа:

M (CO2) = 12 + 16 × 2 = 44 г/моль. n (CO2) = m : M = 61,6 г : 44 г/моль = 1,4 моль.

● Запишем уравнения аэробного дыхания (полного окисления глюкозы) и спиртового брожения:

C6H12O6 + 6O2 + 38АДФ + 38H3PO4 → 6CO2 + 6H2O + 38АТФ

C6H12O6 + 2АДФ + 2H3PO4 → 2C2H5OH + 2CO2 + 2АТФ

● Пусть x (икс) – химическое количество глюкозы, расщеплённой в процессе аэробного дыхания. Тогда количество глюкозы, утилизированной в ходе брожения = 0,5 – x.

При аэробном расщеплении 1 моль глюкозы образуется 6 моль CO2. Значит, при расщеплении x моль глюкозы образуется 6x моль CO2.

При расщеплении 1 моль глюкозы в ходе спиртового брожения образуется 2 моль CO2. Следовательно, при расщеплении (0,5 – x) моль глюкозы образуется 2 × (0,5 – x) = 1 – 2x моль глюкозы.

Общее химическое количество углекислого газа = 1,4 моль. Составляем уравнение, находим x (икс):

6x + 1 – 2x = 1,4

6x – 2x = 1,4 – 1

4x = 0,4

x = 0,1 моль

Таким образом, из 0,5 моль глюкозы в процессе аэробного дыхания было использовано 0,1 моль (или 20%), а в процессе спиртового брожения – 0,4 моль (или 80%).

Примечание: Расчёт химического количества глюкозы также можно вести с помощью системы уравнений. Например, x (икс) – количество глюкозы, расщеплённой в процессе аэробного дыхания, y (игрек) – количество глюкозы, расщеплённой в процессе спиртового брожения.

Система уравнений:

x + y = 0,5

6x + 2y = 1,4

Находим: x = 0,1, y = 0,4

● Рассчитаем количество АТФ (моль). При аэробном расщеплении 1 моль глюкозы может синтезироваться 38 моль АТФ. Значит, при расщеплении 0,1 моль глюкозы может синтезироваться 3,8 моль АТФ.

При расщеплении 1 моль глюкозы в ходе спиртового брожения может образоваться 2 моль АТФ. Следовательно, при расщеплении 0,4 моль глюкозы может образоваться 0,8 моль АТФ.

Общее количество АТФ = 3,8 моль + 0,8 моль = 4,6 моль.

Ответ: В клетках дрожжей могло образоваться 4,6 моль АТФ; в ходе брожения было расщеплено 80% глюкозы.